



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
VASA YRKESHÖGSKOLA
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Joni Kallunki

KUORMITUSTESTIYMPÄRISTÖ

Tekniikka ja liikenne
2012

TIIVISTELMÄ

Tekijä	Joni Kallunki
Opinnäytetyön nimi	Kuormitustesti ympäristö
Vuosi	2012
Kieli	suomi
Sivumäärä	32
Ohjaaja	Antti Virtanen

Opinnäytetyön tavoitteena oli suunnitella ja toteuttaa kuormitustesti ympäristö Suupohjanseutuverkolle. Opinnäytetyöstä selviää miten eri protokollat käyttäytyvät, kun kytkimen kuormitustaso kasvaa. Testien avulla voidaan välttää mahdollinen ylikuormitus ja ehkäistä liika liikenne kytkimeltä, kun tiedetään sen kapasiteetti.

Tutkimuksessa oli kaksi eri vaihtoehtoa verkkolaitteeksi, 100/100 Mbit/s kytkin sekä 10/10 Mbit/s keskitin. Testiin verkkolaitteeksi valittiin 10/10 Mbit/s keskitin. Tämä siksi, että tarvittavan kuormituksen luominen onnistuisi liikennegeneraattorin avulla. Verkkolaite käyttäytyy oman testauksen mukaan kuormituksessa samalla tavalla, oli liikennekapasiteetti sitten mitoitettu nopeampaan tai hitaampaan verkkolaitteeseen.

Kevyessä kuormituksessa sekä ilman kuormitusta verkkolaite käyttäytyi ilman ongelmia. Kun kuormaa luotiin niin paljon, että verkkolaitteen maksimikapasiteetti saavutettiin, alkoi häiriöitä videosignaaleissa esiintymään.

ABSTRACT

Author	Joni Kallunki
Title	Network Stress-Test Environment
Year	2012
Language	Finnish
Pages	32
Name of Supervisor	Antti Virtanen

The purpose of this thesis was to design and create a network stress-test environment. In addition, the work shows how the different protocols behave when the load level grows in the network device, hub. The basic idea of the test is to prevent possible overload situation in the network device.

We have two different types of network devices to choose from, the first with 100/100 Mbit/s switch and the second with 10/10 Mbit/s hub. The latter with 10/10 Mbit/s hub was chosen because the amount of traffic made by the packet generator is more reliable. Besides, the stress-test behavior on the larger capacity switch is the same. Therefore, any benefit achieved by choosing the 100/100 Mbit/s switch would be lost.

At a light load level, the hub behaved without any problems. When the load level was increased up to the hub maximum level a small amount of videosignal disruption occurred.

Keywords	Network, Stress-Test Environment, packet generator, overload
----------	--------------------------------------------------------------

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

1	JOHDANTO	10
1.1	Toimeksiantajan esittely	10
1.2	Työn tavoite	10
2	OPINNÄYTETYÖN KUVAUS	11
3	SIIRTOTAVAT	12
3.1	Anycast	12
3.2	Unicast	12
3.3	Multicast	13
3.3.1	Yksi lähettäjä, monta vastaanottajaa	14
3.3.2	Monta lähettäjää, monta vastaanottajaa	14
3.3.3	Monta lähettäjää, yksi vastaanottaja	14
3.4	Broadcast.....	15
4	OHJELMAT	16
4.1	Työssä käytetyt ohjelmat	16
4.2	Mint.....	16
4.2.1	Multicast-liikenteen luominen	16
4.2.2	Mint-parametrit	16
4.2.3	Mint-esimerkkikomentoja	18
4.3	Wireshark.....	19
4.4	Netmeter.....	20
4.5	Mcast.....	21
5	TYÖN SUORITUS	23
5.1	Testiympäristö.....	23
5.2	Verkon kapasiteetti	24
5.3	Liikenteen käyttäytyminen ilman kuormaa	25
5.4	Liikenteen käyttäytyminen kevyessä kuormassa	27
5.5	Liikenteen käyttäytyminen ylikuormitettuna	28
5.5.1	Generoitu multicast sekä video	28

5.5.2 Videon käyttäytyminen UDP- ja TCP-kuormassa	30
6 YHTEENVETO	32
LÄHTEET.....	33

LYHENNELUETTELO

DHCP	Dynamic Host Configuration Protocol IP-osoitteiden jakomenetelmä
DNS	Domain Name System Nimipalvelujärjestelmä
DSL	Digital Subscriber Line Digitaalinen tilaajayhteys
IP	Internet Protocol Internet-protokolla
I/G BIT	Individual/Group Bit Suora- tai ryhmälähetystä määrittävä bitti
IP TOS	Type Of Service Internet-prokollan palvelun tyyppin määrittely
IPTV	Internet Protocol Television Internet-protokollaa käyttävä televisio
SSV	Suupohjanseutuverkko
TCP	Transmission Control Protocol Tietokoneiden väliseen yhteydenpitoon käytettävä protokolla
TTL	Time To Live Datan elinajan määrittely
UDP	User Datagram Protocol Datan siirron laitteiden välillä mahdollistava protokolla, vaikka laitteet eivät olisi yhteydessä

VDSL2	Very high speed Digital Subscriber Line 2 Nopea digitaalinen tilaajayhteys, yksi DSL-standardeista
VPN	Virtual Private Network Virtuaalinen lähiverkko
QoS	Quality of Service Tietoliikenteen priorisointia kuvaava termi

KUVIO- JA TAULUKKOLUETTELO

Kuva 1. Reititys käyttäen anycast-lähetystapaa.	12
Kuva 2. Reititys käyttäen unicast-lähetystapaa.	13
Kuva 3. Reititys käyttäen multicast-lähetystapaa.....	13
Kuva 4. Reititys käyttäen broadcast-lähetystapaa.	15
Kuva 5. Komennot Mintissä.....	17
Kuva 6. Esimerkki lähetys –komennosta	18
Kuva 7. Komento vastaanottaa liikennettä.....	18
Kuva 8. Wireshark-perusnäky, jossa on capture options- sekä capture interfaces-valikot.....	19
Kuva 9. PCAP-tiedostosta luetut tiedot luodusta multicast-liikenteestä.....	20
Kuva 10. Netmeter.....	20
Kuva 11. Asetusvalikon näkymä.....	21
Kuva 12. Mcast-pääikkuna.	21
Kuva 13. Mcast -ohjelman asetusvalikko.....	22
Kuva 14. Testiympäristö	23
Kuva 15. Luokkavirhe	24
Kuva 16. Kuormitus maksimikuormalla	25
Kuva 17. Kaappaus generoidusta UDP-paketista.....	25
Kuva 18. 360p- ja 720p-videot.....	26
Kuva 19. Liikenteen määrä kuormituksen ollessa 20% maksimista.	27
Kuva 20. Liikenteen määrä rasituksen ollessa 60 %	28
Kuva 21. Videot kuorman ollessa vähintään 84 % maksimikapasiteetista	29
Kuva 22. UDP-paketin tiedot	29
Kuva 23. UDP- ja TCP-liikenne sekä videolähetys 70 % - 100 % kuormituksella	30

1 JOHDANTO

1.1 Toimeksiantajan esittely

Toimeksiantajana opinnäytetyössä toimii yhteistyössä Vaasan ammattikorkeakoulu sekä Suupohjan Seutuverkko Oy. Suupohjan Seutuverkko on kuusiokuntien (Isojoki, Karijoki, Kauhajoki, Karvia, Kurikka ja Teuva) omistama yritys, joka rakentaa tietoliikenneverkkoa yksityishenkilöille sekä yrityksille. Tietoliikenneverkon rakentaminen tarkoittaa, että asiakkaalle viedään kotiin tai yritykseen fyysinen siirtotie, esimerkiksi valokaapeli. Suupohjanseutuverkko ei kumminkaan tarjoa palveluja, vaan pelkästään rakentaa, ylläpitää sekä omistaa verkkoa. Verkot on rakennettu Open Access -periaatteella, joten kaikilla palveluntarjoajilla on tasavertaiset mahdollisuudet tarjota palveluitaan kuituasiakkaille. /6/

Suupohjanseutuverkon tarjoaman kuituyhteyden kautta voidaan tarjota monipuolisia palveluita asiakkaalle. Tällaisia palveluja ovat esimerkiksi, Kuitu kotiin -liittymä, jolla voidaan korvata jo olemassa olevat tietoliikenneliittymät, joita ovat mm. laajakaista-, satelliitti-, kaapeli- ja digi-tv liittymät. /6/

1.2 Työn tavoite

Opinnäytetyössä tullaan kuormittamaan verkkoa liikennegeneraattorilla, jotta saadaan selville miten eri protokollat käyttäytyvät, kun generoitu liikenne kuormittaa verkkolaitetta siinä määrin, että se ei pysty toimimaan normaalitilassa.

Suurin haaste työssä on saada luotua tarpeeksi liikennettä, että saadaan kuormaa kytkimelle. Koska Suupohjan Seutuverkon käyttämät Telco-merkkiset kytkimet pystyvät siirtämään 1Gbit/s full-duplexina, eli 1Gbits/s per portti sekä ylä- että alavirtaan, aiheuttaa tämä haasteen verkon kuormittamiselle.

Opinnäytetyöstä selviää mitä tapahtuu mm. multicast -liikenteelle, mikäli verkko-laite kuormittuu siten, että se ei saa tarvitsemaansa kaistaa. Tätä tietoa yritys voi käyttää hyväkseen mitoittaessaan verkkoa.

2 OPINNÄYTETYÖN KUVAUS

Työn tavoitteena on toteuttaa kuormitustestiympäristö ja kuormittaa sitä UDP-, TCP- ja Multicast-liikenteellä. Tarkoituksena on tutkia miten eri protokollat käyttäytyvät, kun linkki (verkkolaite) kuormittuu, erityishuomio tutkiessa multicast-liikennettä, jota käytetään mm. IPTV-lähetyksissä, kun TCP-liikenteen määrä lisääntyy.

Testiympäristön kuvaus – Prototyyppi I

- Samanaikainen TCP-, UDP- ja Multicast-liikenne
- Protokollien käyttäytyminen, TCP:n reagointi liikenteen tukkiutuksessa
 - Asiakasliittymän 10 (half/full) Mbit/s käyttäytyminen, liikenteen ruuhkautuessa.

Toteutus SSV:n verkossa – Prototyyppi II

- Testaus DSL-liittymissä (VDSL2) ja kuituliittymissä.
- QoS-parametrien vaikutus reunakytkimessä.
- VPN-yhteys Vaasa-Kauhajoki
 - VPN-yhteys erillään SSV:n palomuurista, esim. web-pohjainen käyttöliittymä.

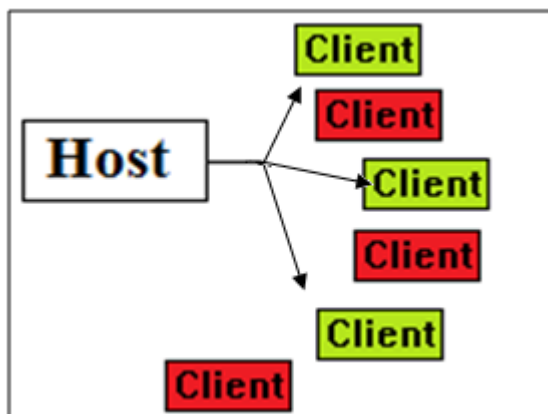
Opinnäytetyössä pyritään saamaan selville, miten paljon asiakasliittymä voi kuormittaa, ennen kuin kuormitus rupeaa vaikuttamaan esim. IPTV-lähetykseen. Kuormaa luodaan liikennegeneraattorilla ja pyritään saamaan aikaan sellainen kuorma, ettei liikenne linkissä ylikuormitu vaan pysyy maksimikuormalla, kuitenkin toimien ilman hidastumista.

3 SIIRTOTAVAT

3.1 Anycast

Anycast on siirtotapa, jossa yhden käyttäjän lähettämät datagrammit reititetään topologisesti lähimmälle solmulle ryhmässä, jossa on mahdollisia vastaanottajia, joilla on sama kohdeosoite. Selkokielellä anycast määritellään, yhdeltä lähettäjältä yhdelle monista. Tällä siirtotavalla saadaan lähetettyä data tietylle halutulle joukolle suuremmasta joukosta, pelkän kohdeosoitteen perusteella. /7/

Kuvassa 1 palvelin lähettää dataa verkkoon. Kun siirtotavaksi on valittu anycast, data menee lähimmälle ryhmän jäsenelle, jolla on sama kohdeosoite kuin vastaanottajalla.

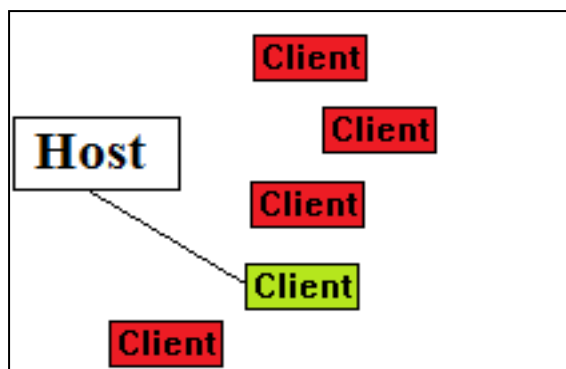


Kuva 1. Reititys käyttäen anycast-lähetystapaa.

3.2 Unicast

Unicast on kaksipisteyhteys, eli se on oma kanava kahden pisteen välillä. Unicastissa viesti lähetetään nimensä mukaisesti yhdelle vastaanottajalle, eli liikenne tapahtuu serverin ja asiakkaan välillä. Mikäli toinen asiakas on lähettäjän kanssa yhteydessä ja haluaa päästä samaan dataan käsiksi kuin toinenkin asiakas, liikenne tuplaantuu. /3/

Kuvassa 2 palvelimen ja asiakkaan välillä liikkuu data. Siirto tapahtuu pelkästään tällä välillä, jolloin muut asiakkaat ovat lepotilassa tai tekevät muita käskyjä.

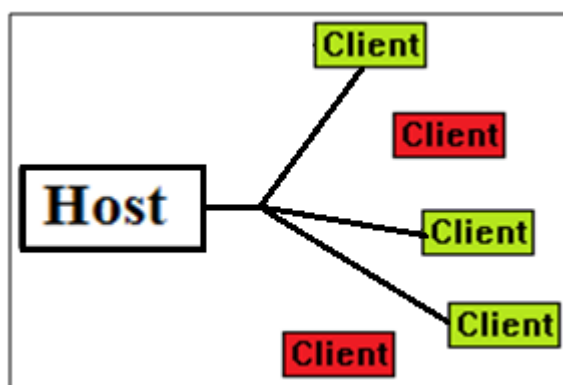


Kuva 2. Reititys käyttäen unicast-lähetystapaa.

3.3 Multicast

Multicast mahdollistaa rajoitetun broadcastin, ilman sen ongelmia ja rajoitteita. Multicast ei käytä broadcast-osoitteita, vaan kohdekoneet jotka ovat liittyneet tiettyyn ryhmään voivat lukea viestin verkosta. Näin ollen multicast-liikenteestä ei synny broadcast-lähetysten tapaan liikennettä, koska viesti ei mene kaikille aliverkon koneille. /2/

Kuten kuvasta 3 näkee, multicast-lähetystavalla liikennöinti tapahtuu tiettyjen käyttäjien kanssa, joille viesti on tarkoitettu. Tämä on toisin kuin broadcastissa, jossa lähetys menee kaikille vastaanottajille.



Kuva 3. Reititys käyttäen multicast-lähetystapaa.

Multicast voidaan helposti sekoittaa broadcastiin, koska yleisesti ajatellaan, että multicast-lähetykset ovat broadcast-tyyppisiä televisio- ja radiolähetystyyppejä. Suurin osa multicastin käytöstä kyllä onkin näitä kyseisiä video- ja audiokäyttökohteita. Tosiasiassa näiden lisäksi on vielä suuri joukko eri sovellutuksia, joissa käytetään

multicastia. Esimerkkeinä mm. kokoukset, luennot ja esitelmät, jotka pidetään internetin välityksellä. /1/

Multicast-reititys tehdään sille varatulla omalla osoitealueella. Alue on D-luokka, ja sen IP-osoiteavaruus on välillä 224.0.0.0 – 239.255.255.255. Palvelin lähettää multicast-kehiksen monelle vastaanottajalle. Vastaanottajat on määritelty erikseen tai vastaanottajien ryhmään voi halutessa liittyä.

Multicast kategorioidaan kolmeen eri luokkaan, näitä kolmea luokkaa selvennetään hieman tarkemmin seuraavaksi, kutakin omassa kappaleessaan.

3.3.1 Yksi lähettäjä, monta vastaanottajaa

Yksi isäntä lähettää dataa kahdelle tai useammalle käyttäjälle samanaikaisesti. Yleisin käyttökohde on videokuvan (televisio) ja audion (radio) lähetys. Muita yleisiä sovellutuksia on esimerkiksi tarkkailu- ja valvontalaitteet, kuten erilaiset sensorit, jotka tulkitsevat seismistä toimintaa tai yleisessä käytössä olevat turvakameralaitteistot. /1/

3.3.2 Monta lähettäjä, monta vastaanottajaa

Mielivaltainen määrä lähettäjiä, jotka lähettävät samaan multicast-osoiteryhmään, vastaanottavat myös dataa tästä samasta ryhmästä. Esimerkkinä tällaisesta sovelluksesta on online-kokoukset tai konferenssit. Niissä laitteet ovat koko ajan yhteydessä ja tämän ryhmän tunnusmerkit täyttyvät, eli kokoajan kaksi tai enempi asiakasta lähettää ja vastaanottaa samanaikaisesti dataa. /1/

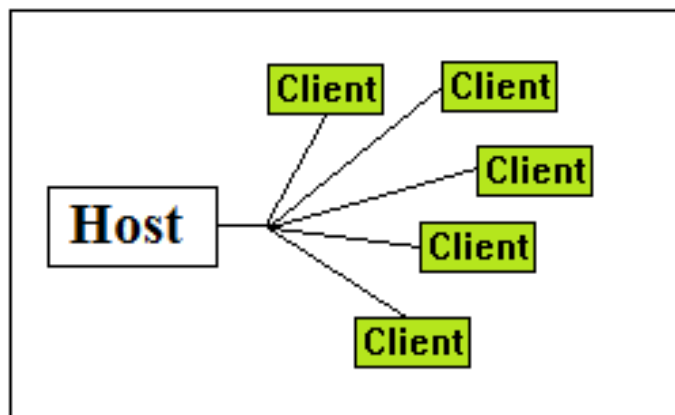
3.3.3 Monta lähettäjä, yksi vastaanottaja

Mielivaltainen määrä vastaanottajia lähettää dataa takaisin isännälle. Tässä käytetään multicast-lähetystä, mutta myös unicast-lähetys on mahdollinen. Tätä lähetystapaa voidaan käyttää esimerkiksi erilaisiin huutokauppasovelluksiin, joissa mielivaltainen määrä asiakkaita lähettää datan isännälle.

3.4 Broadcast

Broadcast eli yleislähetys on tapa siirtää viesti kaikille vastaanottajille samanaikaisesti. Broadcast-lähetyksessä ei ole määritetty vastaanottajaa, vaan viesti menee kaikille aliverkon koneille. Mikäli ei tiedetä mitä laitteita verkossa on, tämä on käytännöllinen tapa selvittää asia. Yleensä samassa aliverkossa oleva laite vastaa broadcast-viestiin. /5/

Broadcast-viesti lähetetään kaikille verkon koneille. Broadcast-viestiä ei tulisi lähettää aliverkon ulkopuolelle, eikä sitä myöskään tule vastaanottaa mikäli se tulee oman aliverkon ulkopuolelta. Kuvassa 4 on esimerkki broadcast-viestin siirtämisestä.



Kuva 4. Reititys käyttäen broadcast-lähetystapaa.

4 OHJELMAT

4.1 Työssä käytetyt ohjelmat

Opinnäytetyössä oli käytössä neljä eri ohjelmaa. Multicast-generaattorin lisäksi käytettiin liikenteen analysointiin soveltuvaa ohjelmaa Wiresharkia ja liikenteen monitorointiin soveltuvaa ohjelmaa Netmeteriä. Näiden ohjelmien lisäksi käytössä oli Mcast-ohjelma, jolla vastaanotetaan multicast liikennettä. Nämä työkalut esitellään seuraavissa kappaleissa.

4.2 Mint

Opinnäytetyössä käytettiin Mint multicast-generaattoria, jolla pystyy luomaan virtuaalista multicast-liikennettä. Tähän generaattoriin päädyttiin koska, tutkittua saatavilla olevia vaihtoehtoja, huomattiin että kyseinen ohjelma on opensource-ohjelma ja tarkoitettu juuri tämän kaltaisia tutkimuksia varten. Mint on tehty vuonna 2002 ja sen ensimmäinen versio on julkaistu 1.2.2002. Tämän jälkeen ohjelmaa on päivitetty useita kertoja, lisäten ja parantaen ominaisuuksia. Parannettu- ja ominaisuuksia mainitessa suurin päivitys lienee IPv6-tuki. /4/

4.2.1 Multicast-liikenteen luominen

Jotta Mint-ohjelmalla voidaan luoda liikennettä, tarvitaan käyttöjärjestelmäksi Linux. Käyttöjärjestelmänä opinnäytetyössä oli käytössä Ubuntu -jakelu, joka on saatavilla osoitteesta www.ubuntu.com.

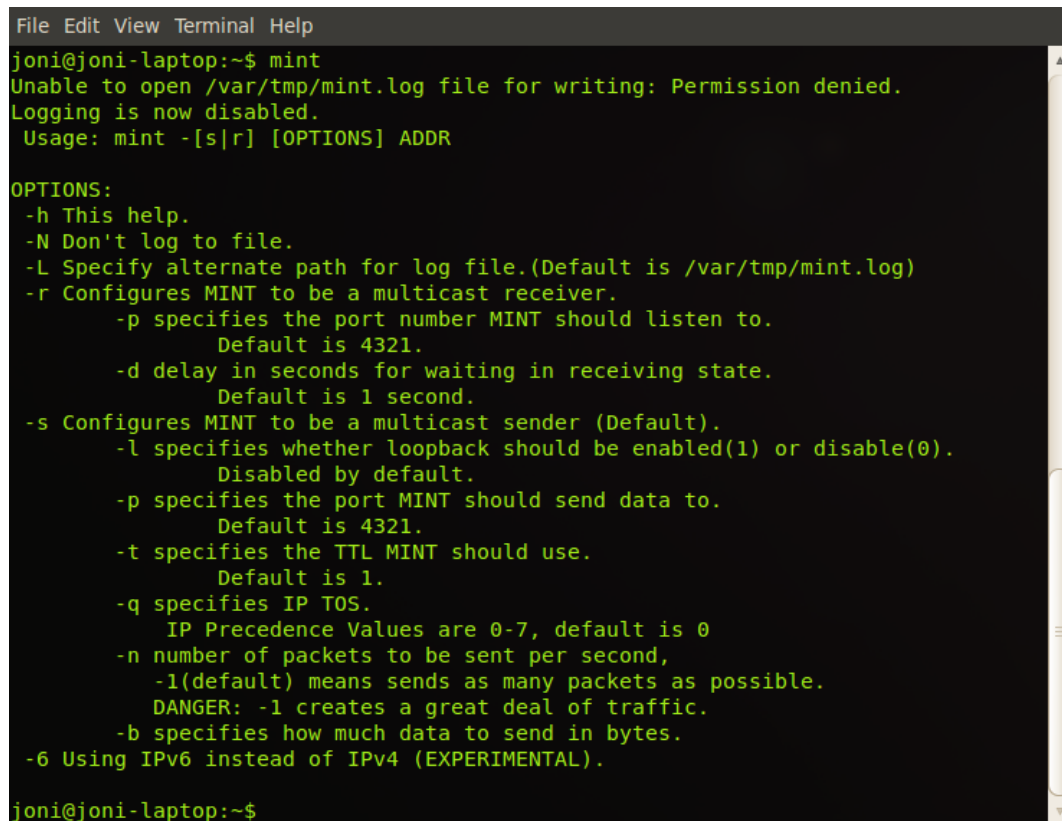
Generaattori-ohjelma itsessään on komentoriviltä ajettava, ilman graafista käyttöliittymää, joten kyseessä on perinteinen tekstipohjainen käyttöliittymä. Generaattorin käyttö on tehty yksinkertaiseksi, koska käytössä on vain muutamia eri parametreja, joita käsitellään seuraavassa luvussa.

4.2.2 Mint-parametrit

Ohjelmassa on käytössä hyvin selkeät parametrikomennot. Seuraavassa ohjelman ”help”-ikkuna kun halutaan tietää mitä komentoja ohjelma tottelee.

Kuten kuvasta 5 näkee, on komennot tehty hyvin loogisiksi ja helppoiksi käyttää. Kaikkien komennot, jotka annetaan ohjelmalle alkaa mint -komennolla. Optio `-s` määrittää ohjelman lähettämään dataa kun taas `-r` määrittää ohjelman vastaanottamaan dataa. Molempiin joko lähetykseen tai vastaanottoon tarvitaan myös `-p` -parametri, joka määrittää portin jota ohjelma käyttää. Kun ohjelma konfiguroidaan vastaanottamaan dataa, tarvitaan vain komentoja `-r` ja `-p`.

Lähetettäessä käytetään useampia parametreja kuin vastaanottaessa. Käytössä olevia parametreja ovat `-l`, jossa voidaan määrittää loopback päälle tai pois. Parametri `-t` määrittää TTL:n (Time To Live), `-q` määrittää IP TOS:n (Type Of Service), `-n` parametrissa määritellään sekunnin aikana lähetettävien pakettien määrän, tässä arvo 1 on perusasetuksena, se tarkoittaa että lähetetään niin paljon paketteja kuin mahdollista. Parametrilla `-b` määritetään lähetettävän datan koko tavuina, ja `-6` komentoa käytetään jos halutaan käyttää IPv6:sta IPv4:n sijasta.



```
File Edit View Terminal Help
joni@joni-laptop:~$ mint
Unable to open /var/tmp/mint.log file for writing: Permission denied.
Logging is now disabled.
Usage: mint [-s|r] [OPTIONS] ADDR

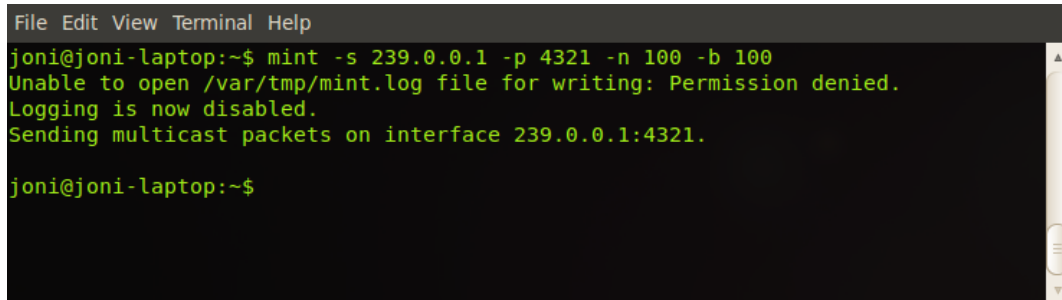
OPTIONS:
-h This help.
-N Don't log to file.
-L Specify alternate path for log file.(Default is /var/tmp/mint.log)
-r Configures MINT to be a multicast receiver.
    -p specifies the port number MINT should listen to.
        Default is 4321.
    -d delay in seconds for waiting in receiving state.
        Default is 1 second.
-s Configures MINT to be a multicast sender (Default).
    -l specifies whether loopback should be enabled(1) or disable(0).
        Disabled by default.
    -p specifies the port MINT should send data to.
        Default is 4321.
    -t specifies the TTL MINT should use.
        Default is 1.
    -q specifies IP TOS.
        IP Precedence Values are 0-7, default is 0
    -n number of packets to be sent per second,
        -1(default) means sends as many packets as possible.
        DANGER: -1 creates a great deal of traffic.
    -b specifies how much data to send in bytes.
-6 Using IPv6 instead of IPv4 (EXPERIMENTAL).

joni@joni-laptop:~$
```

Kuva 5. Komennot Mintissä

4.2.3 Mint-esimerkkikomentoja

Seuraavassa on annettu esimerkkikomento ohjelmalla, käyttäen parametreja, jotka määräävät lähetettävien tavujen määrän ja rajoittavat sekunnin aikana lähteviä paketteja. Tässä esimerkissä liikenteeseen lähtee 100 kpl 100 -tavuisia paketteja sekunnissa.

A screenshot of a terminal window with a dark background and light green text. The window has a menu bar at the top with 'File', 'Edit', 'View', 'Terminal', and 'Help'. The terminal shows the following text:

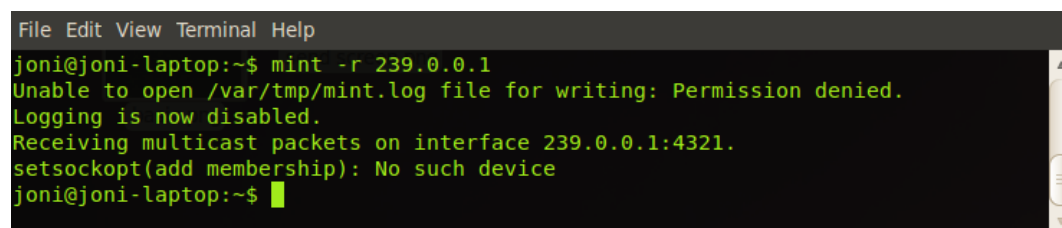
```
joni@joni-laptop:~$ mint -s 239.0.0.1 -p 4321 -n 100 -b 100
Unable to open /var/tmp/mint.log file for writing: Permission denied.
Logging is now disabled.
Sending multicast packets on interface 239.0.0.1:4321.

joni@joni-laptop:~$
```

Kuva 6. Esimerkki lähetys –komennosta

Tämän jälkeen liikennettä voidaan tarkkailla erilaisilla liikenteen monitorointiohjelmissa. Päättötyössä käytössä oli kaksi erillistä ohjelmaa liikenteen tarkkailuun. Liikenteen monitorointiin käytettiin Netmeteriä ja liikenteen analysointiin Wiresharkia.

Kuvassa 7 on esimerkkikomento vastaanottaa liikennettä. Tässä tapauksessa ei ole lähettäjä, mutta mikäli lähettäjä olisi, ohjelma vastaanottaa niin pitkään kunnes vastaanotto katkaistaan tai lähetys lopetetaan.

A screenshot of a terminal window with a dark background and light green text. The window has a menu bar at the top with 'File', 'Edit', 'View', 'Terminal', and 'Help'. The terminal shows the following text:

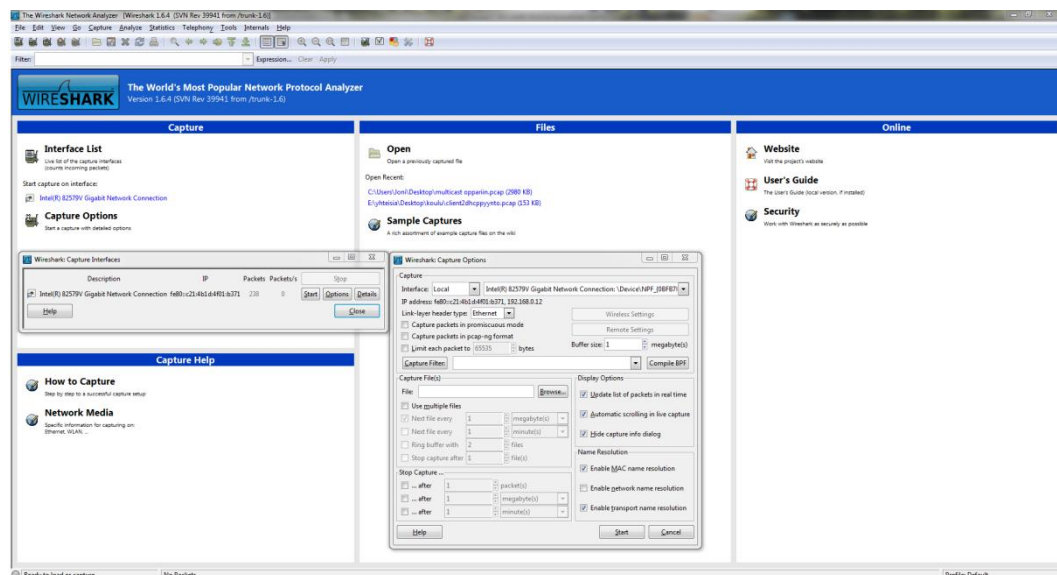
```
joni@joni-laptop:~$ mint -r 239.0.0.1
Unable to open /var/tmp/mint.log file for writing: Permission denied.
Logging is now disabled.
Receiving multicast packets on interface 239.0.0.1:4321.
setsockopt(add membership): No such device
joni@joni-laptop:~$ █
```

Kuva 7. Komento vastaanottaa liikennettä

4.3 Wireshark

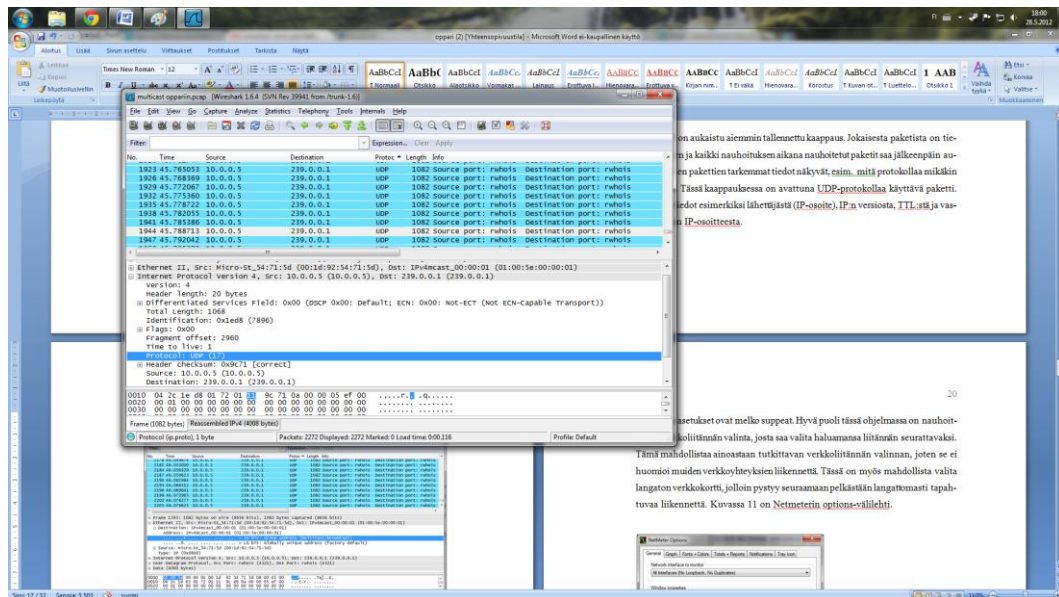
Wiresharkia käytettiin lähetettyjen pakettien seuraamiseen. Ohjelmaa käytettäessä yksityiskohtaisemmankin tiedon saanti on erittäin helppoa, mutta pääasiassa tutkittiin mitä paketteja liikkui ja että ne olivat oikealta lähettäjältä ja oikealle vastaanottajalle.

Kuvassa 8 on Wireshark-ohjelman perusnäkö, jossa on lista kuunneltavista rajapinnoista (verkkokortit), ja niiden kaappaus asetukset. Myös käyttöohjeet ovat selvästi esillä. Mikäli tutkittavana on valmiiksi nauhoitettu kaappaus saa myös sen auki perusnäköstä.



Kuva 8. Wireshark-perusnäkö, jossa on capture options- sekä capture interfaces-valikot.

Kuvassa 9 on aukaistu aiemmin tallennettu kaappaus. Jokaisesta paketista on tiedot erikseen ja kaikki nauhoituksen aikana nauhoitetut paketit saa jälkeenpäin auki. Kaikkien pakettien tarkemmat tiedot näkyvät, esim. mitä protokollaa mikäkin paketti on. Tässä kaappauksessa on avattuna UDP-protokollaa käyttävä paketti. Tästä saa tiedot esimerkiksi lähettäjältä (IP-osoite), IP:n versiosta, TTL:stä ja vastaanottajan IP-osoitteesta.



Kuva 9. PCAP-tiedostosta luetut tiedot luodusta multicast-liikenteestä

4.4 Netmeter

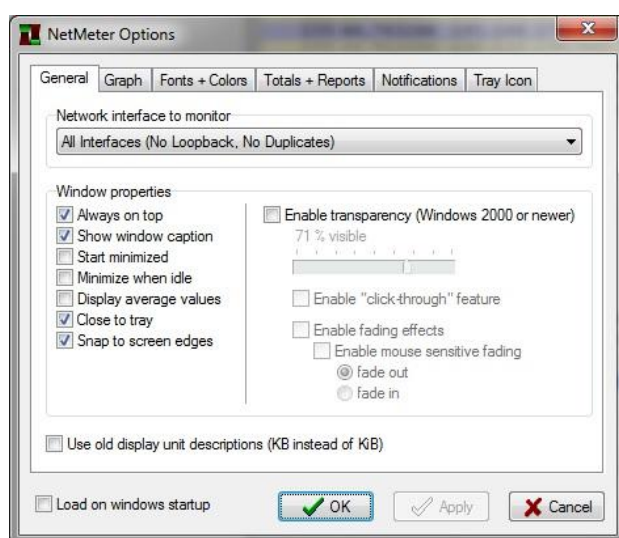
Netmeter on monitorointiohjelma, josta selviää lähtevän ja tulevan liikenteen määrä. Ainoa miinuspuoli tässä ohjelmassa on se, ettei ohjelma erittele mitä liikennettä se piirtää graafiin.

Kuvassa 10 Netmeterin graafinen näkymä. Sisään tuleva liikenne on osoitettu punaisella palkilla ja ulospäin menevä liikenne on vihreällä palkilla. Kuvassa näkyy myös keltainen palkki. Tämä palkki on keltainen siihen saakka kun sisään tuleva ja ulosmenevä liikenne on yhtä suurta.



Kuva 10. Netmeter

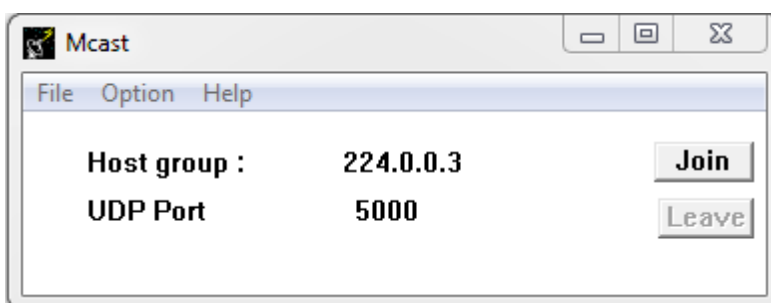
Ohjelman asetukset ovat melko suppeat. Hyvä puoli tässä ohjelmassa on nauhoitettavan verkkoliitännän valinta, josta saa valita haluamansa liitännän seurattavaksi. Tämä mahdollistaa ainoastaan tutkittavan verkkoliitännän valinnan, joten se ei huomioi muiden verkkoyhteyksien liikennettä. Tässä on myös mahdollista valita langaton verkkokortti, jolloin pystyy seuraamaan pelkästään langattomasti tapahtuvaa liikennettä. Kuvassa 11 on Netmeterin options-välilehti.



Kuva 11. Asetusvalikon näkymä

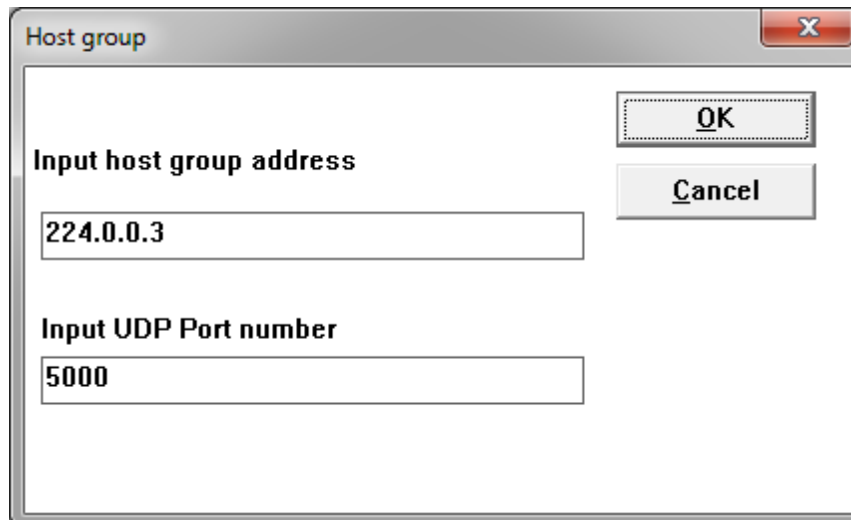
4.5 Mcast

Mcast on multicast-liikenteen vastaanotto-ohjelma. Ohjelma on suunniteltu pelkästään multicast liikenteen vastaanottamiseen. Kuvassa 12 on Mcast-ohjelman perusnäkymä. Mcast on Windows-pohjainen ohjelma, joka toimii pelkästään Windows –käyttöjärjestelmissä.



Kuva 12. Mcast-pääikkuna.

Kuvassa 13 on avattuna Mcastin asetukset. Ohjelmassa on mahdollisuus asettaa ainoastaan IP-osoite ja UDP-portti, mitään muita muutoksia ei asetuksiin voi tehdä.



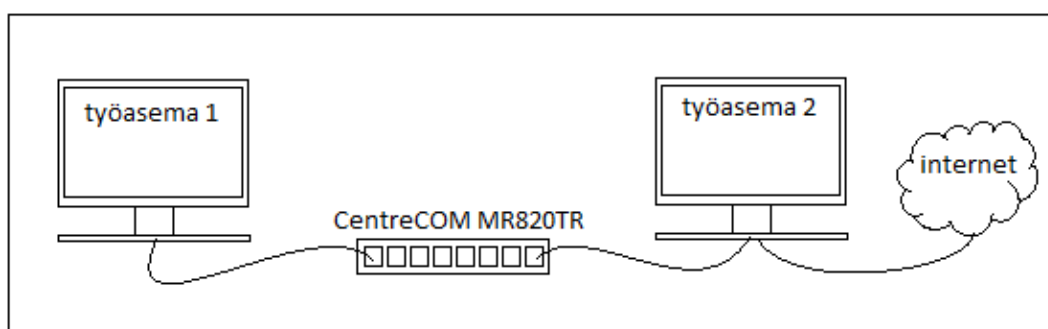
The image shows a Windows-style dialog box titled "Host group". It has a standard title bar with a close button (X). The dialog contains two text input fields. The first field is labeled "Input host group address" and contains the text "224.0.0.3". The second field is labeled "Input UDP Port number" and contains the text "5000". To the right of the input fields are two buttons: "OK" and "Cancel".

Kuva 13. Mcast -ohjelman asetusvalikko

5 TYÖN SUORITUS

5.1 Testiympäristö

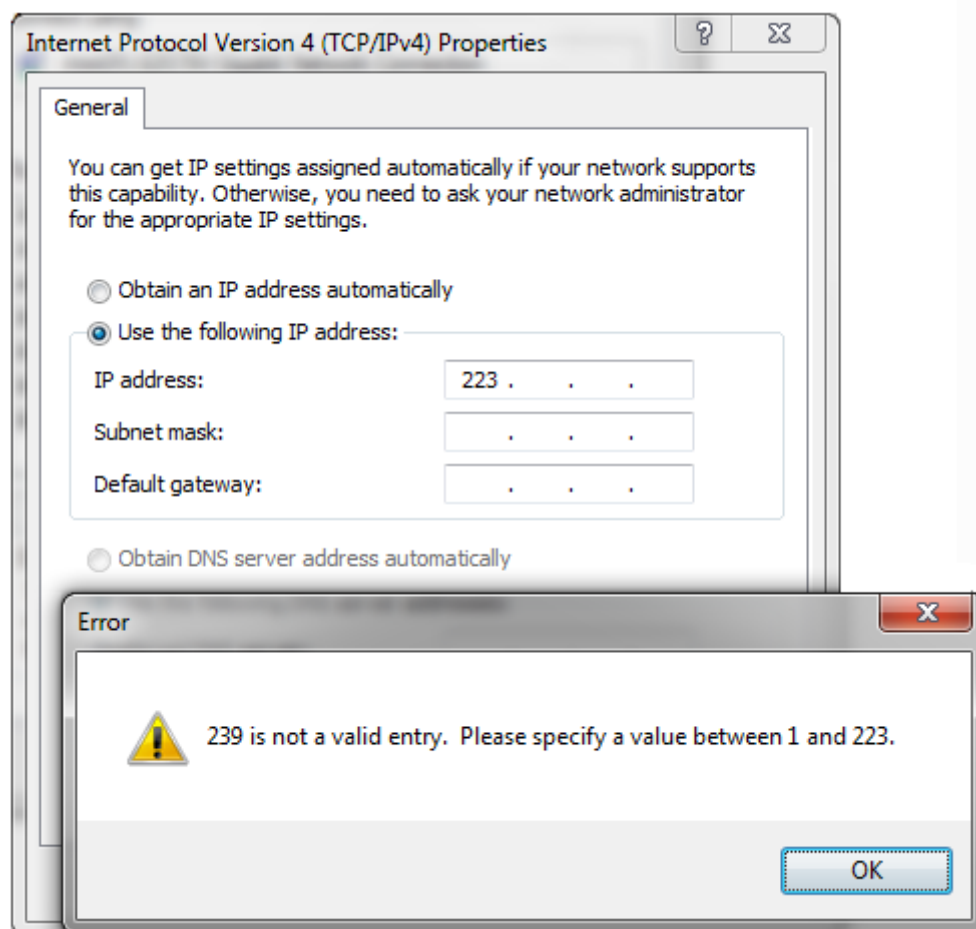
Kuormitettavana verkkolaitteena käytössä oli Centrecom MR820TR -keskitin. Verkkolaitetta kuormitettiin työasemalla, johon oli asennettu Mint-multicast -generaattori. Testiympäristössä käytettiin kahta työasemaa, toinen työasema vastaanotti generoitua liikennettä sekä video -lähetystä. Kuvasta 14 näkee testiympäristön kokoonpanon.



Kuva 14. Testiympäristö

Työasema 1, Linux-kone, johon on asennettu Mint-multicast -generaattori. Tämän työaseman verkkoasetukset on määritelty automaattisesti haettaviksi, eli DHCP jakaa IP-osoitteen tälle työasemalle. Koska tämä työasema ei ole kytkettynä internettiin, ei osoitteistuksella ole merkitystä testiympäristössä. Työaseman 1 tehtävä on vain kuormittaa verkkoa multicast-generaattorilla, johon on syötetty valmiiksi vastaanottavan koneen IP-osoite.

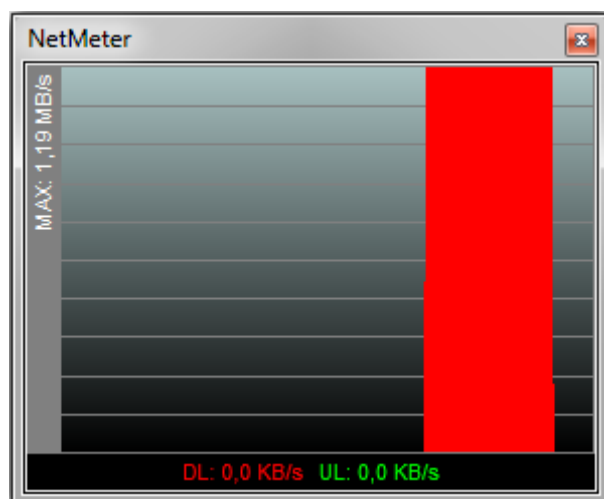
Työasema 2 on yhteydessä sekä keskittimen kautta työasema 1:een että internetiin. Myös tässä työasemassa on DHCP:n jakamat osoitteet, koska itse työaseman osoitteita ei tarvitse vaihtaa, kun multicast-liikenteen vastaanottamiseen on käytössä oma sovellus. Sovelluksessa itsessään asetetaan osoite vastaamaan lähettäjän multicast-luokan osoitteita. Mikäli itse työasemaan yritetään syöttää D-luokan osoitetta (224.0.0.0 – 239.255.255.255), ilmestyy kuvan 15 kaltainen ilmoitus. Käytössä on siis oltava IP-osoite joko A-, B- tai C-luokasta, joissa osoite avaruus on välillä 1.0.0.0 – 223.255.255.255.



Kuva 15. Luokkavirhe

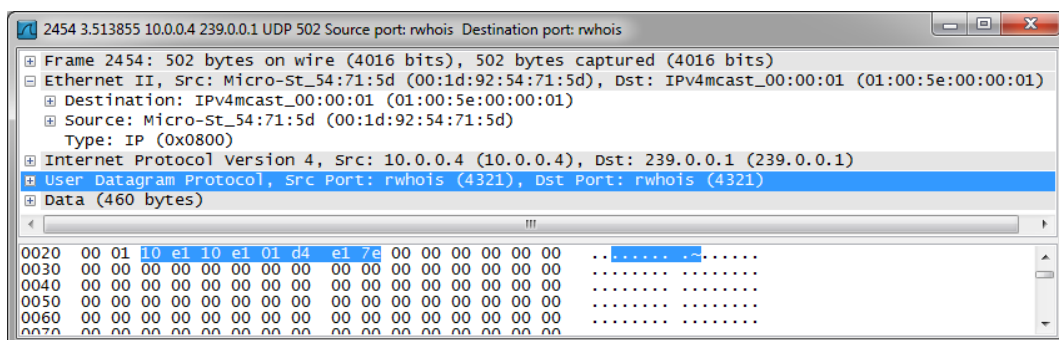
5.2 Verkon kapasiteetti

Selvitettäessä verkon kapasiteettia, tuli valita varma tapa, jolla saa verkon maksimikapasiteetin selville. Maksimaalisen liikenteen luomiseen valittiin Mint-multicast-generaattori, jolla verkkoon luotiin liikennettä. Koska kyseessä oli mahdollisimman suuren kuorman luominen keskittimelle, annettiin generaattorissa lähetettävien pakettien komennoksi parametri `-i`, jolloin Mint lähettää niin paljon paketteja kuin mahdollista. Maksimikapasiteettia määrittäessä verkossa oli pelkästään Mint-multicastilla generoitua liikennettä. Kuvassa 16 näkyy verkon liikenne ilman kuormitusta ja täydessä kuormassa. Kuten kuvasta näkee, verkon maksimikapasiteetti on 9,52 Mbit/s.



Kuva 16. Kuormitus maksimikuormalla

Mint-multicast -generaattorin luoma liikenne on tyypiltään UDP-liikennettä. Kuvassa 17 on Wireshark-kaappaus multicast-paketista, joka on luotu Mint-multicast -generaattorilla. Kuvassa on korostettu sarake, josta näkee mitä protokollaa paketin on. Kuvasta saa selville myös lähettäjän sekä vastaanottajan IP-osoitteen, tämän lisäksi UDP-portin, joka on tässä tapauksessa 4321. Ethernet 2 -kentän alla on sarake tyypille, joka on tässä tapauksessa 0x0800. Mikäli tässä olisi ylemmän tason protokollana IPv6, olisi heksadesimaaliluku erilainen. Luku 0x0800 kertoo, että tyyppinä on IPv4-protokolla.



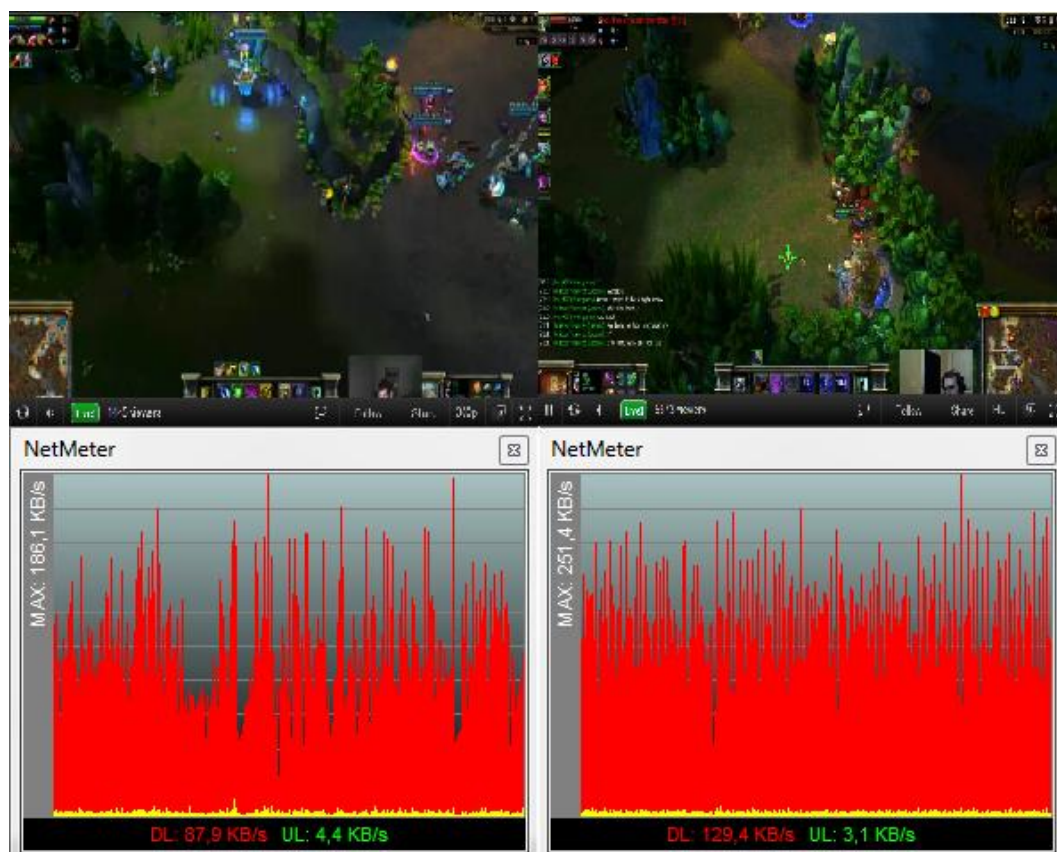
Kuva 17. Kaappaus generoidusta UDP-paketista

5.3 Liikenteen käyttäytyminen ilman kuormaa

Kuormittamattomalla keskittimellä internetistä katsottava videolähetys toimii moitteetta. Lähetysten varaama kaista muun liikenteen ollessa poissa käytöstä on keskimäärin 1360 kbit/s. Streamin kaistan käyttö määräytyy katsottavana olevan

video- ja audio-signaalin laadusta. Yleisesti signaalin laatu ei ole stabiili, vaan se vaihtelee koko ajan. Kaistan käyttötarve vaihtelee melko suuresti, testatessa ilman muuta kuin stream-lähetyksen tuomaa kuormaa, siirtonopeus vaihteli välillä 4400 kbit/s ja 640 kbit/s. Kyseiset arvot ovat korkein ja matalin piikki näytteenottojaksoilta.

Mikäli halutaan katsoa korkealaatuista, HD-tasoisia (720p) videoita, tulee ottaa huomioon, että liikenteen määrä kasvaa huomattavasti normaalitasoiseen (360p) videoon verrattuna. Kuvassa 18 on vierekkäin 360p- ja 720p-resoluutioiset videokuvat ja niiden sulavaan katsomiseen, ruuhkattomassa keskittimessä liikkuvan datan käyttämä kaista.

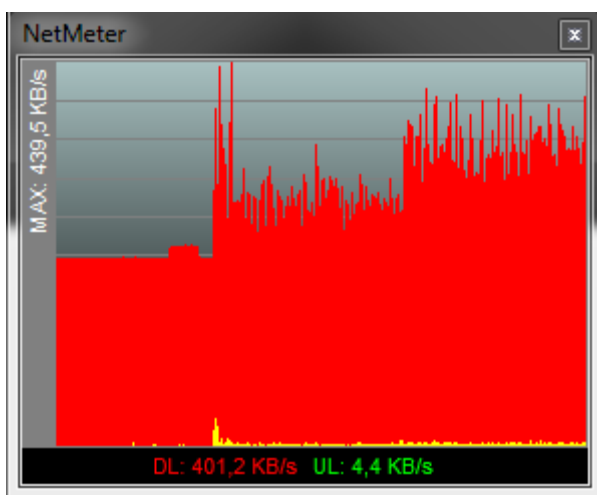


Kuva 18. 360p- ja 720p-videot

Kun keskittimessä ei ole kuormaa, ei vastaanotettavan lähetyksen katsomisessa tapahdu puskurointia. Kun keskittimessä sekä internet-yhteydessä on kapasiteettia lähetyksen vaatimalle datalle, ei lähetys keskeydy tai vaadi puskurointia. Tämä on ideaali tilanne esimerkiksi IPTV-lähetyksen häiriöttömään katsomiseen.

5.4 Liikenteen käyttäytyminen kevyessä kuormassa

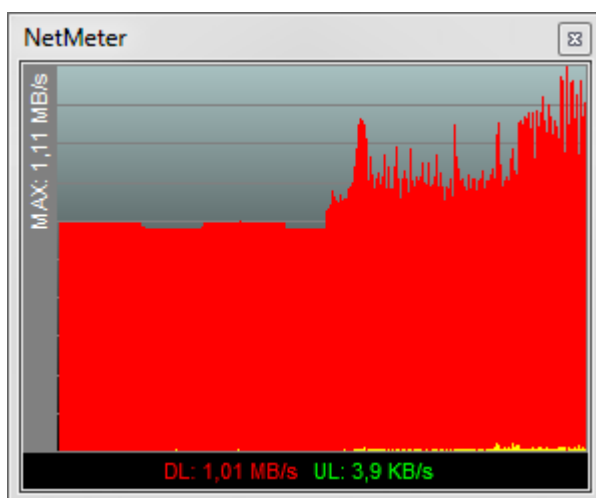
Kun otetaan vastaan muutakin dataa kuin pelkästään IPTV- tai stream-lähetystä, liikenteen määrästä riippuen käyttäytyminen muuttuu. Keskittimen kuormitusta nostettaessa siten, että kuormitustaso on 20 % (noin. 1920 kbit/s), ei kuormitus vielä saa häirittyä videolähetystä. Kuvassa 19 Mint-multicast generaattorilla on luotu 20 % keskittimen maksimikuormasta vastaava määrä liikennettä. Tämän lisäksi otetaan vastaan videolähetystä 360p sekä 720p, eikä lähetys vaadi puskuria vaan toistaa videon ilman viiveitä. Kuvassa ensin on keskitin 20 %:n rasitteella, tämän jälkeen 360p videon toisto ja viimeisenä 720p videon toisto.



Kuva 19. Liikenteen määrä kuormituksen ollessa 20% maksimista.

Kuormitusta generoidulla liikenteellä nostettaessa 60%:iin keskittimen maksimikapasiteetista, alkaa kuormitustaso stream-lähetyksen kanssa olla lähellä maksimia. Pelkästään Mint-multicastin tuottama liikenteen määrä on n. 5360 kbit/s.

Kuvassa 20 on tilanne, kun katsotaan videolähetystä samaan aikaan, videon laadun ollessa 720p. Tässä tilanteessa tapahtui vähän häiriöitä, jotka pikselöivät videota. Häiriöt kuitenkin korjaantuivat nopeasti, koska kuormitus ei ole stabiilisti maksimitasolla. Mikäli olisi korkealaatuisempi video tai muuta liikennettä, esim. tiedonsiirtoa internetissä niin yhteinen kuorma olisi sen verran suuri, ettei videolähetys toimisi häiriöttä. Kuten kuvasta 20 näkee, että kuormitustaso on melko lähellä verkkolaitteen maksimikapasiteettia (kuva 16).



Kuva 20. Liikenteen määrä rasituksen ollessa 60 %

Kuvan 20 maksimihiikki 1,11 MB/s on hyvin lähellä keskittimen maksimikapasiteettia 1,19 MB/s. Mikäli katsottava videolähetys olisi ollut full HD, eli 1080p olisi häiriöitä lähetyksessä esiintynyt.

5.5 Liikenteen käyttäytyminen ylikuormitettuna

Ylikuormitustilannetta simuloidaan kahdella tavalla. Ensimmäisessä multicast-generaattorilla luodaan tasainen liikenne, joka on lähellä keskittimen maksimitasoa sekä avataan videolähetys. Toinen tilanne kun verkossa tapahtuu videon lisäksi liikennöintiä UDP- ja TCP-protokollilla.

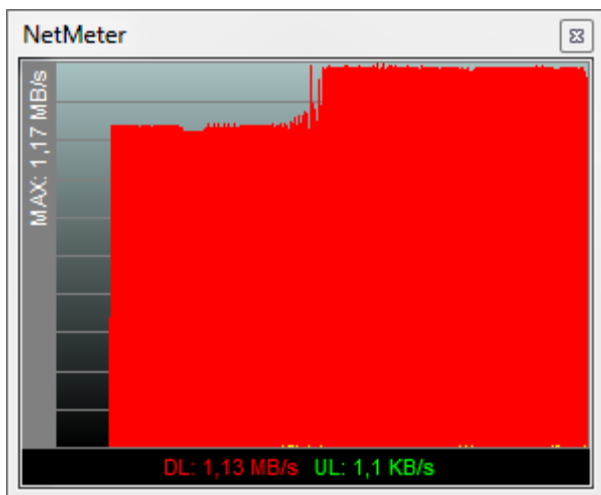
5.5.1 Generoitu multicast sekä video

Luodaan multicast-liikennettä 84% keskittimen maksimikapasiteetista, joka vastaa datamääränä noin 7720 kbit/s. Tutkittavana videolähetyksenä on sekä 360p- että 720p-tasoiset lähetykset. Verkossa ei ole testihetkellä muuta liikennettä, pelkästään generoitu multicast sekä video.

Kuvassa 21 on kuormituksen taso ilman videota, sekä 360p- ja 720p-videon kanssa. Kuten kuvassa käy ilmi, on kuormitus jo niin kova, että videolähetyksen kanssa se on maksimitasolla välittömästi. Multicast-generaattorin luoman liikenteen jälkeen on piikki, kun avataan 360p-lähetys. Lähetys toimi aluksi häiriöttä het-

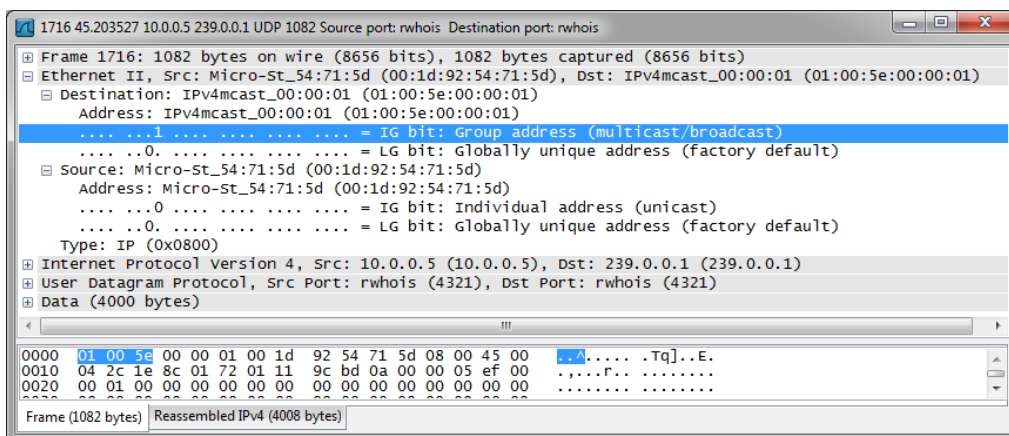
ken, mutta ensimmäisen puskuroinnin jälkeen se ei enää saanut tarpeeksi kaistaa pyörittääksensä videota ja kuva jäi paikalleen.

720p-lähetys aktivoidaan kuvassa 21, kun neljä viidesosaa graafista on piirtynyt. Tämä video ei toiminut ollenkaan, alussa kuva tuli ruutuun, mutta kuva jäi paikalleen eikä lähtenyt eteenpäin.



Kuva 21. Videot kuorman ollessa vähintään 84 % maksimikapasiteetista

Kuvassa 22 on Wiresharkilla kaapattu kuva yhdestä Mint:llä generoidusta UDP-paketista. Kuten kuvasta näkee, kaappaus sisältää hyvinkin tarkkaa tietoa paketista. Tässä kuvassa on Ethernet 2 -kentän alla avattu lähettäjän tietoja tarkemmiksi. Sinisellä korostetusta sarakkeesta näkee suora- ja ryhmäosoitusta indikoivan bitin eli I/G bitin arvon. Bitin arvon ollessa 1, on kyseessä multicast/broadcast, kun taas arvolla 0 kyseessä on unicast.



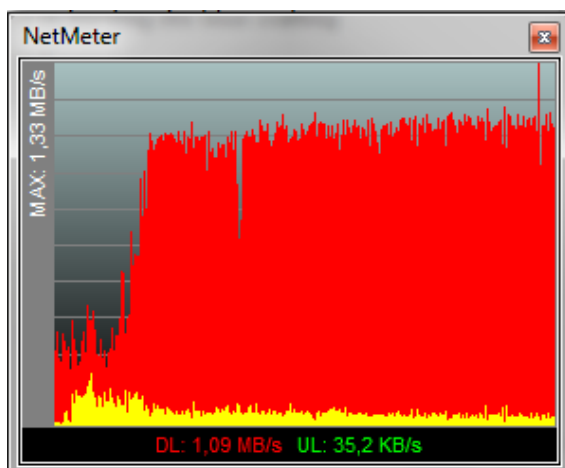
Kuva 22. UDP-paketin tiedot

5.5.2 Videon käyttäytyminen UDP- ja TCP-kuormassa

Keskitintä kuormitettaessa internetin välityksellä UDP- ja TCP-protokollaisella liikenteellä, videon käyttäytymisen ei oletettavasti tulisi erota multicast-generaattorin luomasta liikenteestä. Tämä siksi, koska myös Mintillä generoitu liikenne on UDP-protokollaista.

Keskittimen kuormitustaso oli muun kuin videon datan siirtonopeudesta riippuen pääsääntöisesti 70 %:n sekä 100 %:n välillä. Keskimäärin alavirtaan tuleva datamäärä oli hieman yli 8,8 Mbit/s. 480p-laatuinen videolähetys ei häiriintynyt samalla tavalla kuin generaattorilla kuormittaessa, vaan näkyviä häiriöitä ei videosignaaliassa ollut. Vaikka keskimääräinen kuormitustaso oli lähellä maksimia, video näkyi vakaasti.

Kuvassa 23 on Netmeteristä kuvankaappaus, kun taustalla on UDP- ja TCP-liikennettä. Kuormitusta edellä mainitusta liikenteestä tulee noin 6400 kbit/s – 8 Mbit/s. Häiriötön 480p-video käyttää keskimäärin 800 kbit/s – 1600 kbit/s, joten kuormitustaso ei ole siinä pisteessä, että olisi ylikuormaa.



Kuva 23. UDP- ja TCP-liikenne sekä videolähetys 70 % - 100 % kuormituksella

Kuorman ollessa sama kuin äskeisessä, mutta katsellessa 720p videolähetystä voidaan todeta, että videolähetyksellä on suurempi prioriteetti. 720p-video vaatii kaistaa toimiakseen häiriöttömästi noin 1600 kbit/s – 2800 kbit/s. Ylimääräiselle kuormalle varattu 8000 kbit/s pieneni huipustaan videon varaaman kaistan johdos-

ta jopa 1600 kbit/s. Kun videolähetys suljettiin, ylimääräiselle kuormalle varattu kaista palasi takaisin arvoonsa 8000 kbit/s.

6 YHTEENVETO

Opinnäytetyö oli monipuolinen ja haastava, mutta mielestäni onnistuin siinä hyvin. Vaikka alkuperäisen työn tavoitetta, Suupohjanseutuverkon verkossa heidän laitteilla tapahtuvaa testausta ei saavutettu, saavutettiin työllä silti hyvä yleiskatsaus verkon käyttäytymiseen. Koska pääpaino työn tavoitteella oli luoda testiympäristö ja tutkia siinä asiakasliittymien käyttäytymistä, onnistuttiin työssä hyvin.

Opinnäytetyön tulosten saavuttaminen onnistui ja tuloksista voidaan päätellä erityyppisten protokollien prioriteettia. Tämä havaittiin varsinkin verkkolaitteen ollessa täydessä kuormassa. Pystyttiin havaitsemaan videolähetyksen olevan tärkeämpi kuin satunnaisten, paljon verkkolaitetta kuormittavan, UDP -liikenteen. Verkkolaitteen kuormituksen ollessa maksimikapasiteetissa, ei hidastumista tapahtunut verkon kautta tapahtuvalla liikenteellä samoin kuin generaattorilla luodulla liikenteellä, jolloin verkkolaite ylikuormittuessaan ei pystynyt tarjoamaan videokuvalle tämän vaatimaa kaistaa.

Kehityskohtena opinnäytetyössä voisi olla toteutus Suupohjanseutuverkon laitteilla ja testaaminen VDSL2- sekä kuituliittymissä. Mikäli haluttaisiin mennä vielä syvemmälle, voitaisiin kytkinten (reuna-/kyläkytkin) QoS -parametrien vaikutusta tutkia. Nämä testit voisi tehdä opinnäytetyön kuvauksessa esitellyllä tavalla, käyttäen VPN-yhteyttä. Näin saataisiin erittäin luotettavaa tietoa kytkimen käyttäytymisestä kevyessä- sekä maksimikuormassa.

LÄHTEET

Elektroniset julkaisut

- /1/ Almeroth K., Quinn B. 2001. IP Multicast Applications: Challenges and Solutions. Viitattu 20.02.2012. <http://www.ietf.org/rfc/rfc3170.txt>
- /2/ Dr. Dobbs. 1997. Multicast. Viitattu 30.04.2012. <http://sockets.com/ch16.htm#Multicast>
- /3/ Microsoft tuotetuki. 2003. Differences Between Multicast and Unicast. Viitattu 14.01.2012. <http://support.microsoft.com/kb/291786>
- /4/ MINT Project. Viitattu 13.12.2011. <http://mc-mint.sourceforge.net/index.html>.
- /5/ Mogul J. 1984. Broadcasting internet datagrams. Viitattu 20.02.2012. <http://tools.ietf.org/html/rfc919>
- /6/ Suupohjanseutuverkko Oy. 2010. Suupohjanseutuverkko yrityksenä. http://www.suupohjanseutuverkko.fi/site?node_id=119
- /7/ Woodcock B. 2002. Best Practices in IPv4 Anycast Routing. Viitattu 24.02.2012. <http://www.sanog.org/resources/sanog5-woody-anycast-v10.pdf>>.